

KOMPONEN IRADIATOR GAMMA

DR. M. Natsir, M.Eng
PAIR-BATAN

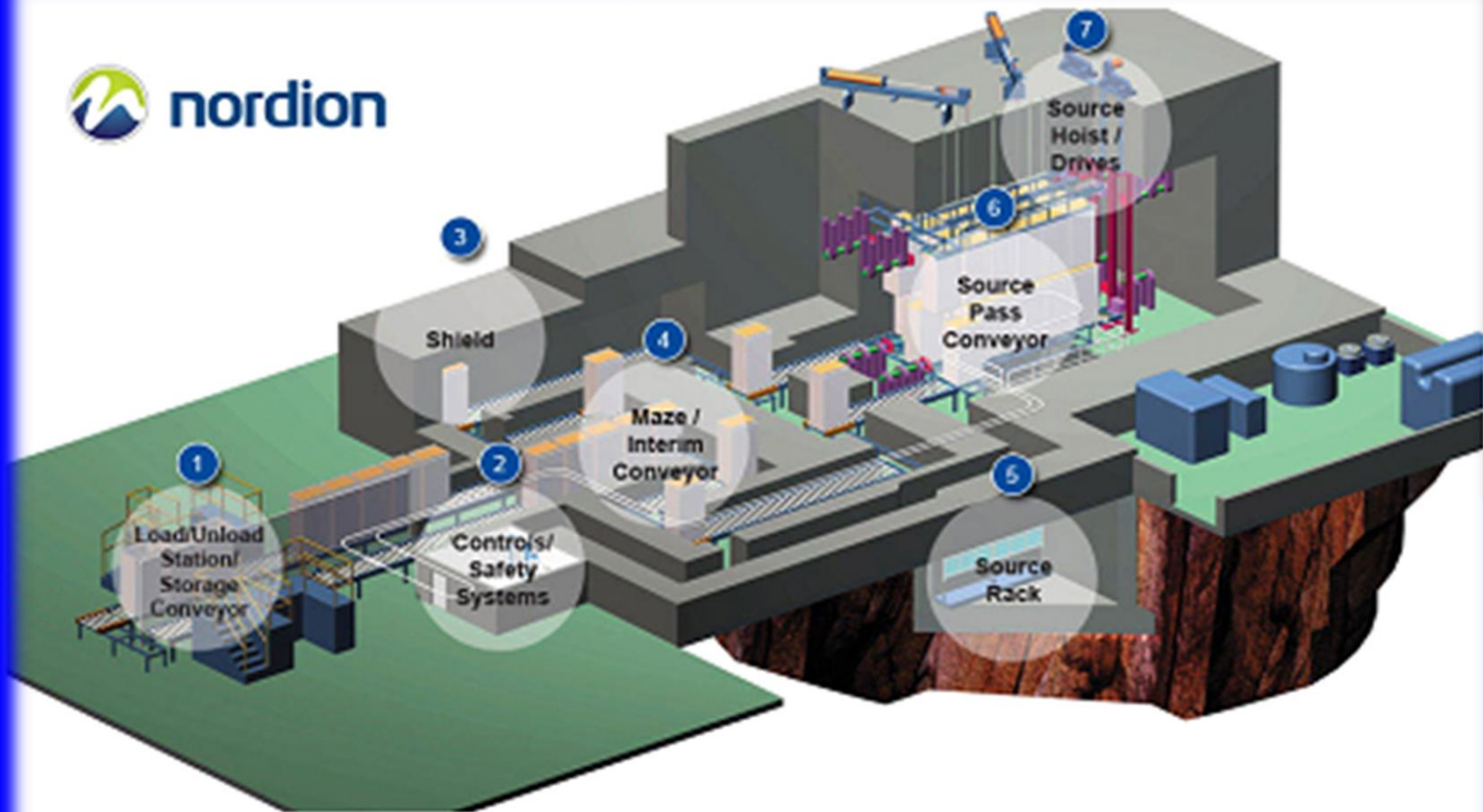
Pelatihan
Iradiator Gamma
3 - 9 Agustus 2015 , Jakarta



Tujuan Instruksional Umum & Khusus

KOMPONEN – KOMPONEN IRADIATOR GAMMA

- Iradiator merupakan suatu fasilitas iradiasi berisi sumber radiasi tertutup yang menggunakan sinar gamma ataupun berkas electron untuk mengirradiasi barang atau bahan.
- **Komponen komponen iradiator gamma terdiri dari :**
 - Sumber radiasi dan perangkat penggerak sumber
 - Perisai radiasi (Shielding)
 - Ruang radiasi
 - Sistem Kontrol
 - Sistem Konveyor
 - System pengamanan/keselamatan radiasi
 - Peralatan Pendukung



Gambar Irradiator Nordion, Untuk Show Komponen-komponen utama Irradiator Kategori IV (Nordion-Canada)

Apa itu Irradiator ?

Irradiator adalah peralatan atau fasilitas yang mengandung sumber radiasi yang digunakan untuk mengiradiasi bahan atau objek (produk)

Source of ionizing radiation:

Cobalt-60 or Cesium-137 (γ -rays)
or

Electron accelerator (e-beam) < 10 MeV

Radiation processing has only one variable parameter i.e. the time of exposure of product to the source.

Pemanfaatan Iradiator Gamma Didunia, 600 Iradiator Gamma 1500 MBE

Banyak digunakan untuk tujuan , R&D
industri, kedokteran, dan farmasi

Contoh pemanfaatan iradiator gamma :

- ❖ Sterilisasi
- ❖ Pengawetan makanan
- ❖ Polymerisasi
- ❖ Cross-link (ikatan silang)
- ❖ Dll.

IRADIATOR GAMMA DI INDONESIA

Tabel 1. Spesifikasi Iradiator Gamma yang ada di Indonesia

Nama Iradiator	Gammacell 220	IRPASENSA	IRKA	Gamma Chamber 4000 A	Gamma Chamber 4000 A	Gamma Sterilization
Buatan/Tahun/Pe masangan	Canada/ 1968	India/1979	Jepang/ 1982	India/ 1992	India/1997	Canada/1990
Operator/ Pemanfaatan	Batan/ Penelitian	Batan/ R&D multiguna	Batan/ R&D Komersial multiguna	Batan// Research	RS. Jamil Padang/ Penelitian	PT. Rell- Ion/Komersial
Sistem penyimpanan Sumber Co- 60/Kategori IAEA	Kering/Portabel/ I	Kering (Lorong utk. Akses sumber Ruang Iradiasi)/II	Kolam air (Lorong utk. Akses sumber Ruang Iradiasi)/IV	Kering/ portabel/ I	Kering/ portabel / I	Kolam air (Lorong utk. Akses sumber Ruang Iradiasi)/IV)
Aktivitas maksimum/ Desember 2013	* 10.000 Ci/ 20,2 Ci	80.000 Ci/ 17.421,548 Ci	400.000 Ci/ 101,900 kCi	* 10.000 Ci/ 749,800 Ci	* 10.000 Ci/	2 MCi/ ± 370 kCi
Jumlah Volume bahan yang diiradiasi per Batch	2 Liter bahan	0,5 m ³ bahan	1,15 m ³ / barang/1,2 Ton Latex	2 Liter bahan	2 Liter bahan	28 ton bahan/ batch

Komponen komponen iradiator gamma terdiri dari :

- Sumber radiasi dan perangkat penggerak sumber
- Perisai radiasi (Shielding)
- Ruang radiasi
- Sistem Kontrol
- Sistem Konveyor
- System pengamanan/keselamatan radiasi
- Peralatan Pendukung

1. Sumber Radiasi dan Perangkat Penggerak Sumber

SUMBER RADIASI

Sumber radioisotop Cobalt-60

Energy foton 1,25 MeV (avg), Half life-5.26 years, Specific activity- 200-400 Ci/gm (max), Power-15,4 W/kCi, Gamma output-1,30 R/h/Ci pada jarak 1 m.

Sumber radioisotop Cesium-137.

Energy foton 0,66 MeV, Half life-30 years, Specific activity-25 Ci/gm (max), Power-4,8 W/kCi, Gamma output-0,33 R/h/Ci pada jarak 1 m.

Latihan Soal, hitunglah aktivitas iradiator saat ini, jika sumber radiasi Co-60 dari setiap iradiator mempunyai aktivitas masing-masing sumber radiasi Co-60, : ada

Gammacell-220	:	10.697,00 Ci (Juni 1992)
Irpasena	:	85.143,5075 (sejak April 1991)
I r k a	:	$\pm 140.789.0425$ Ci (sejak Feb.2006)
Gamma chamber-4000A	:	10.980,00 Ci (Juni 1992)
Indogamma	:	400 kCi (Desember 2005)

Produksi Radioisotop Co-60

Isotop Co-60 diproduksi dengan menggunakan reactor nuklir :



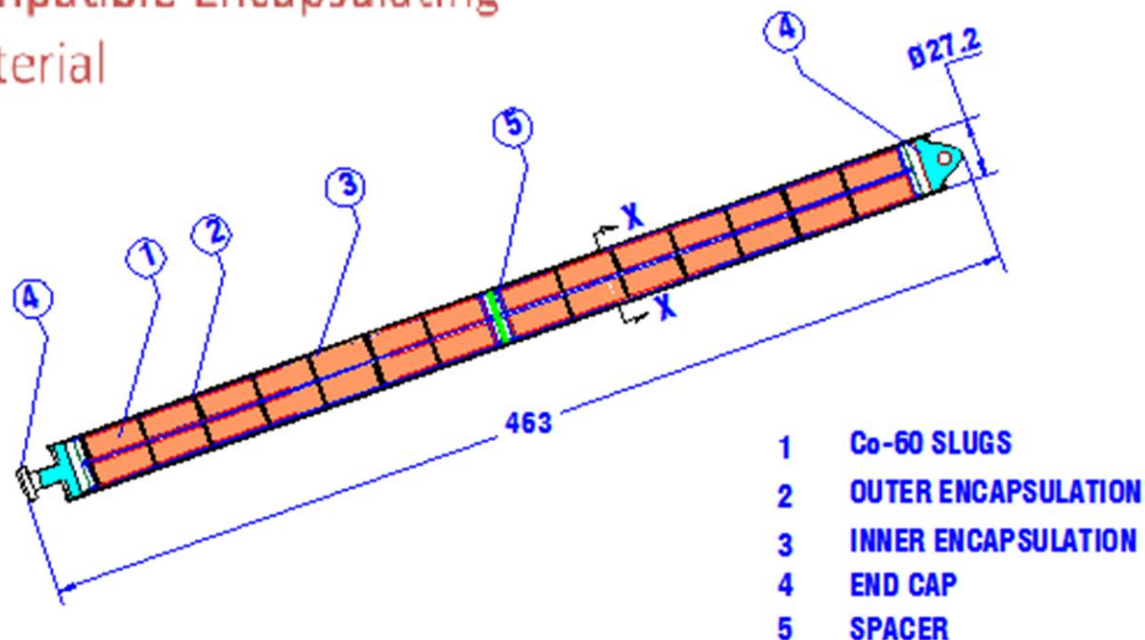
- Persyaratan Desain Sumber Terbungkus (Sumber radiasi gamma))
- Persyaratan umum untuk sumber terbungkus terdapat dalam Standar ISO 2919..

Persyaratan klasifikasi standar ISO adalah sebagai berikut :

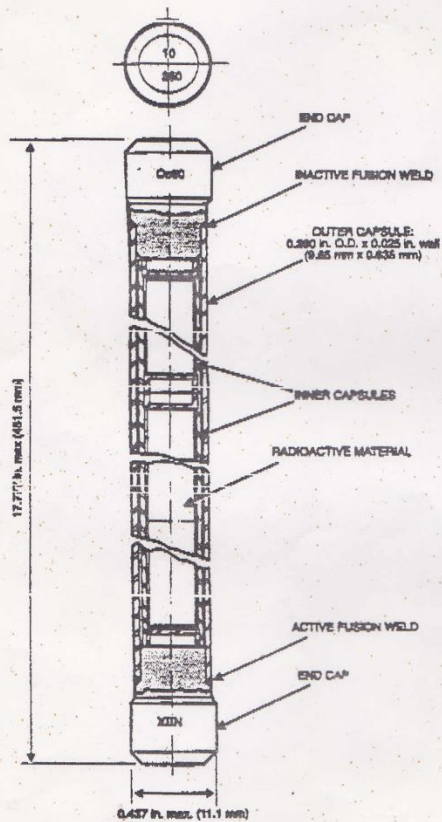
- Kategori I : klasifikasi sumber tertutup 43323
 - Kategori II : klasifikasi sumber tertutup 53424
 - Kategori III : klasifikasi sumber tertutup 53424
 - Kategori IV : klasifikasi sumber tertutup 53424
-
- Jika aktivitas dari sumber melebihi batas yang ditentukan diatas, maka harus dibuat evaluasi khusus terhadap penggunaan sumber terbungkus dan desainnya. Pembuat dan pengguna juga harus membuat catatan dari dampak yang mungkin terjadi, seperti : kebakaran, ledakan, korosi dan aspek lain yang berhubungan dengan penggunaan secara terus menerus pada sumber terbungkus.

Sealed sources: (Sumber Terbungkus)

- Design of source pencil
 - ISO 2919
 - AERB- SS 3
- Double encapsulation
- Compatible Encapsulating material



Gambar Sumber Radiasi Terbungkus Tipe C-188



C-188 Type Number	Model Number of Isotopes
1.	C-177/C-177
2.	AC-181AC-181
3.	AC-186AC-186
4.	C-88
5.	AC-338AC-338
6.	AC-348C-348
7.	C-177AC-181
8.	C-177AC-186
9.	C-177AC-338
10.	AC-181AC-186
11.	AC-181AC-338
12.	AC-186AC-338

- Notes**
1. Conforms to IAEA Special Form requirements AECB Certificate No. CDN/0010/S.
 2. Radioactive Material: Cobalt-60 in solid form.
 3. Outer capsule material: Type 316L stainless steel.
 4. All capsules are sealed by fusion welds.
 5. Engraved on capsule:
 (A) Upper end cap (face): serial number (diameter): C-188 Co60
 (B) Lower end cap (diameter): NIX where X is material heat number.
 6. All dimensions shown at 20°C.

16 11 93 13 17

NORDION INTERNATIONAL INC.
 447 March Road, P.O. Box 13500
 Kanata, Ontario, Canada, K2K 1X5
 Tel: (613) 592-2790 • Fax: (613) 592-6937 • Telex: 083-4162

TITLE C-188 Co-60 Sealed Source	
REF.DWG. A05244	REVISED SEP 93 DC 00575
DATE FEB 1967	No. C-188
DRAWN [Signature]	CHECKED [Signature]
APPROVED [Signature]	
SHEET 1 OF 1	REV. M

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF NORDION INTERNATIONAL INC. AND IS SUBMITTED FOR CONSIDERATION ON THE UNDERSTANDING THAT THERE SHALL BE NO EXPLOITATION OF ANY INFORMATION CONTAINED HEREIN EXCEPT WITH THE SPECIFIC WRITTEN AGREEMENT OF NORDION INTERNATIONAL INC.

Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan :

Akibat dari kegagalan pada integritas sumber, hal ini dipengaruhi oleh :

Jumlah dari zat radioaktif yang terkandung dalam sumber terbungkus

Radiotoksisitas, daya larut dan pelindian dari zat radioaktif tersebut.

Komposisi kimia dan fisika dari bahan

Lingkungan tempat sumber disimpan, dipindahkan dan digunakan.

Persyaratan Khusus Terhadap Kondisi Penyimpanan Dalam Kolam

Bahan kapsul bagian luar harus sedemikian rupa sehingga tidak berkarat ketika sumber terbungkus disimpan dalam kolam penyimpanan. Dalam memilih bahan pembuat kapsul harus memasukkan catatan mengenai batasan termalnya.

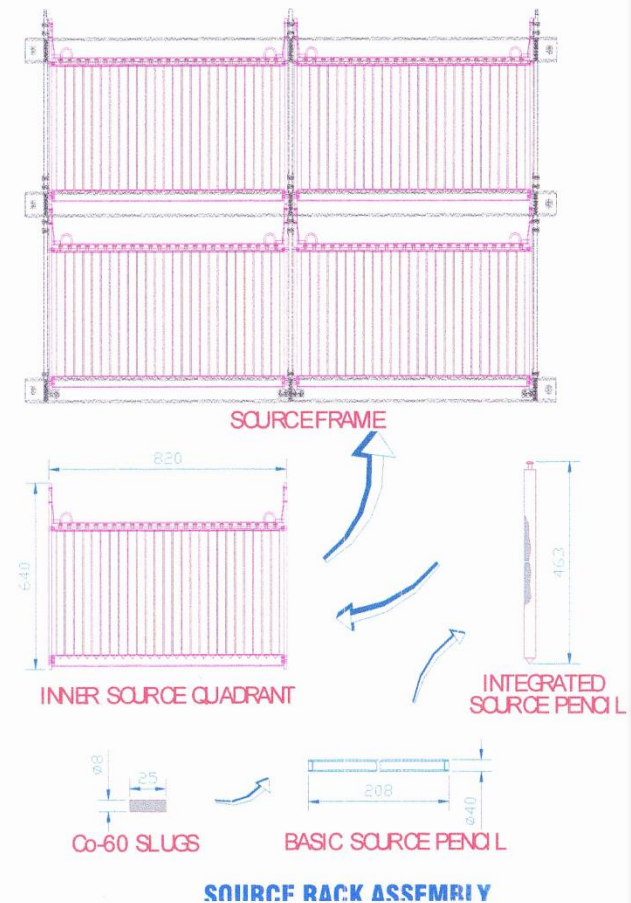
Terutama sumber itu sendiri harus tidak larut dalam air, sehingga akibat penerobosan pada pengungkung tetap minimum. Perlu dicatat bahwa kelarutan Cesium Klorida dalam air sangat tinggi sehingga ^{137}Cs tidak direkomendasikan sebagai sumber.

Requirement for source - II

PEMEGANG DAN RAK SUMBER

Source Rack:

- Large source positions
(20 years loading)
- Compatibility with source
encapsulation (SS-304)
- Light in weight
- Locking of sources in rack
- Source rack shroud



● Perangkat Internal Desain Sumber radiasi

- Source storage berfungsi untuk menyimpan sumber dengan tutup pada bagian atasnya dan sistem pendingin dasar kolam iradiator .

- Source stocker berfungsi sebagai rak sementara sumber pemindahan sumber yang terdapat pada dasar kolam biasanya dapat menampung 36 unit case.

Aktivitas Spesifik

- Rak sumber yang berfungsi sebagai tempat unit case dapat diisi dengan 5 pinsil sumber .

- Rak sumber ditempatkan diatas meja lifter. Ada dua tipe berbentuk plate (plate source rack) dan berbentuk silinder (silinder source rack). plate source rack dapat memuat 16 unit case dan silinder source rack dapat memuat 24 unit case

RAK SUMBER PLATE

RAK SUMBER SILINDER

LIFTER PENGGERAK NAIK & TURUN SUMBER



SUMBER RADIASI IRADIATOR KATEGORI IV (IRKA)

Jumlah sumber radioaktif sebanyak 74 batang pensil Co-60 yang ditempatkan pada unit case yang diletakkan di Source Rack dengan total aktivitas sumber radiasi Co-60 143.154 Ci (Januari 2006). terdiri dari :

- 23 batang pensil Co-60 tipe C-188 buatan Nordion dengan aktivitas awal 215.536 Ci April 1983, dan aktivitas pada Januari 2006 sebesar = 10.816 Ci
- 18 batang pensil Co-60 tipe C-188 buatan Nordion dengan aktivitas awal 133.254 Ci Maret 1977, dan aktivitas pada Januari 2006 sebesar = 3.169 Ci (sumber Co-60 dari PT. Giri Kencana)
- 7 batang pensil Co-60 tipe C-188 buatan Amersham dengan aktivitas awal 60.312 Ci Maret 1991, dan aktivitas pada Januari 2006 sebesar = 8.617 Ci
- 16 batang pensil Co-60 tipe C-188 buatan Nordion dengan aktivitas awal 199.250 Ci Januari 1997, dan aktivitas pada Januari 2006 sebesar = 76.498 Ci (Januari 2006)
- 10 batang pensil Co-60 tipe C-188 buatan Nordion dengan aktivitas awal 59.955 Ci Januari 2006

Sumber radiasi Co-60 dalam Air Kolam



AKTIVITAS SPESIFIK Co-60

Aktivitas Spesifik. :

- Aktifitas spesifik radioaktif yang dapat diproduksi di dalam reactor thermal dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :
- Sp. Aktifitas spesifik pada waktu t

- $$Sp = \frac{6.023 \times 1.023 \times \phi \sigma (1 - e^{-\lambda t})}{(A \times 3,7 \times 10^{10})}$$

Φ = neutron flux in n/cm²/s

σ_{act} = activation cross section (penampang lintang)

N1 = Number of activated atoms

KAPASITAS PRODUKSI IRADIATOR

Kapasitas produksi (throuput) produk pada iradiator

Kapasitas produksi iradiator dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$\text{Throughput (Tons/hr)} = \frac{3,6 \times \text{Power (kW)} \times \eta}{\text{Dose (kGy)}}$$

Dimana, efisiensi penggunaan radiasi gamma, dan MCi Co-60 sama dengan 15 kW daya listrik.

Types of irradiators

- **Category I**

Self contained, dry storage Irradiator

- **Category II**

Panoramic, dry storage irradiator

- **Category III**

Self contained, wet storage irradiator

- **Category IV**

Panoramic, wet storage irradiator

Iradiator Gamma ada dua Jenis :

1. Iradiator Gamma jenis kering (Penyimpanan Kering)
Komponennya terdiri : peralatan listrik dan mekanik
2. Iradiator Gamma Jenis Kolam (Penyimpanan Basah)
Komponennya terdiri : peralatan listrik, mekanik dan air.

IRADIATOR GAMMA JENIS KERING

1. Listrik :
 - a. Panel listrik dengan daya sesuai dengan kebutuhan;
 - b. Alat pengendali sumber;
 - c. Alat pengamanan listrik yang disesuaikan dengan kebutuhan, termasuk monitor alarm;
 - d. Lampu penerangan;
 - e. Perangkat komunikasi;
 - f. Generator cadangan.

2. Mekanik
 - a. Perangkat penggerak sumber radiasi;
 - b. Indikator posisi sumber radiasi;
 - c. Keran (crane);
 - d. Sistem ventilasi ruang iradiator;

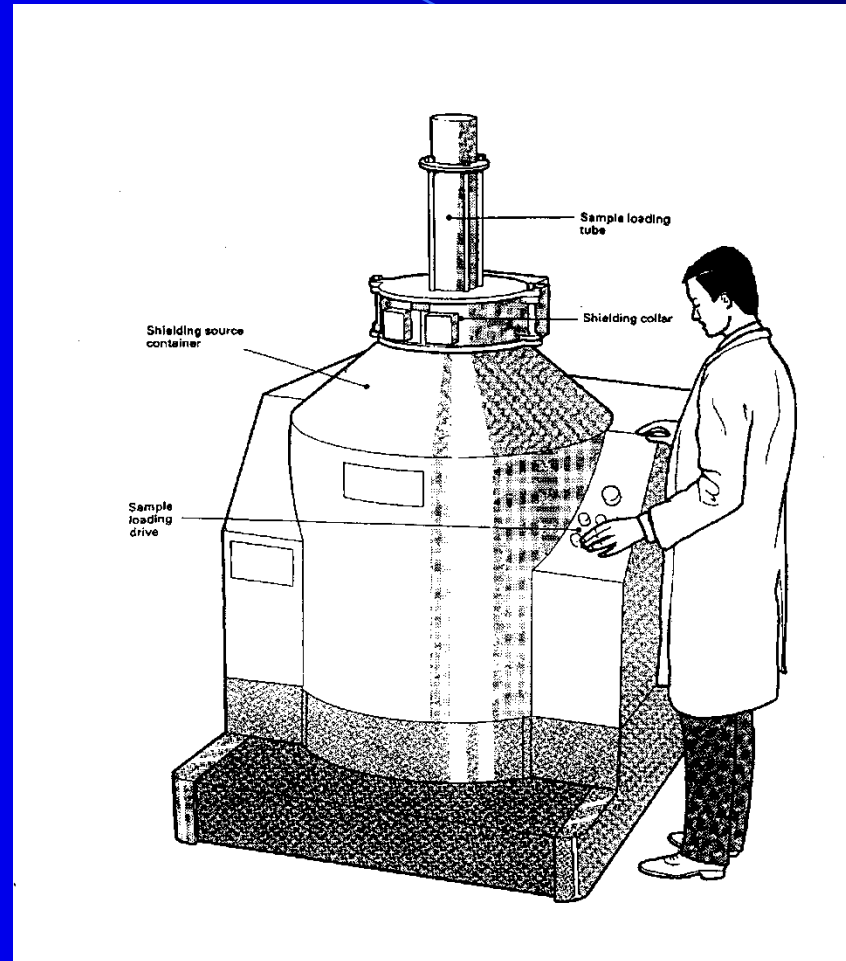
IRADIATOR GAMMA JENIS KOLAM

1. Listrik :
 - a. Daya listrik menurut kebutuhan;
 - b. Panel listrik];
 - c. Panel pengendali;
 - d. Alat pengaman listrik yang disesuaikan den; termasuk monitor alam;
 - e. Lampu penerangan;
 - f. Perangkat komunikasi;
 - g. Generator cadangan;
 - h. Stop kontak listrik dalam ruang iradiator.

2. Mekanik :
 - a. Perangkat tempat sumber radiasi;
 - b. Mesin penggerak tempat sumber radiasi;
 - c. Indikator posisi sumber radiasi;
 - d. Keran (crane);
 - e. Sistem ventilasi ruang iradiator baru.

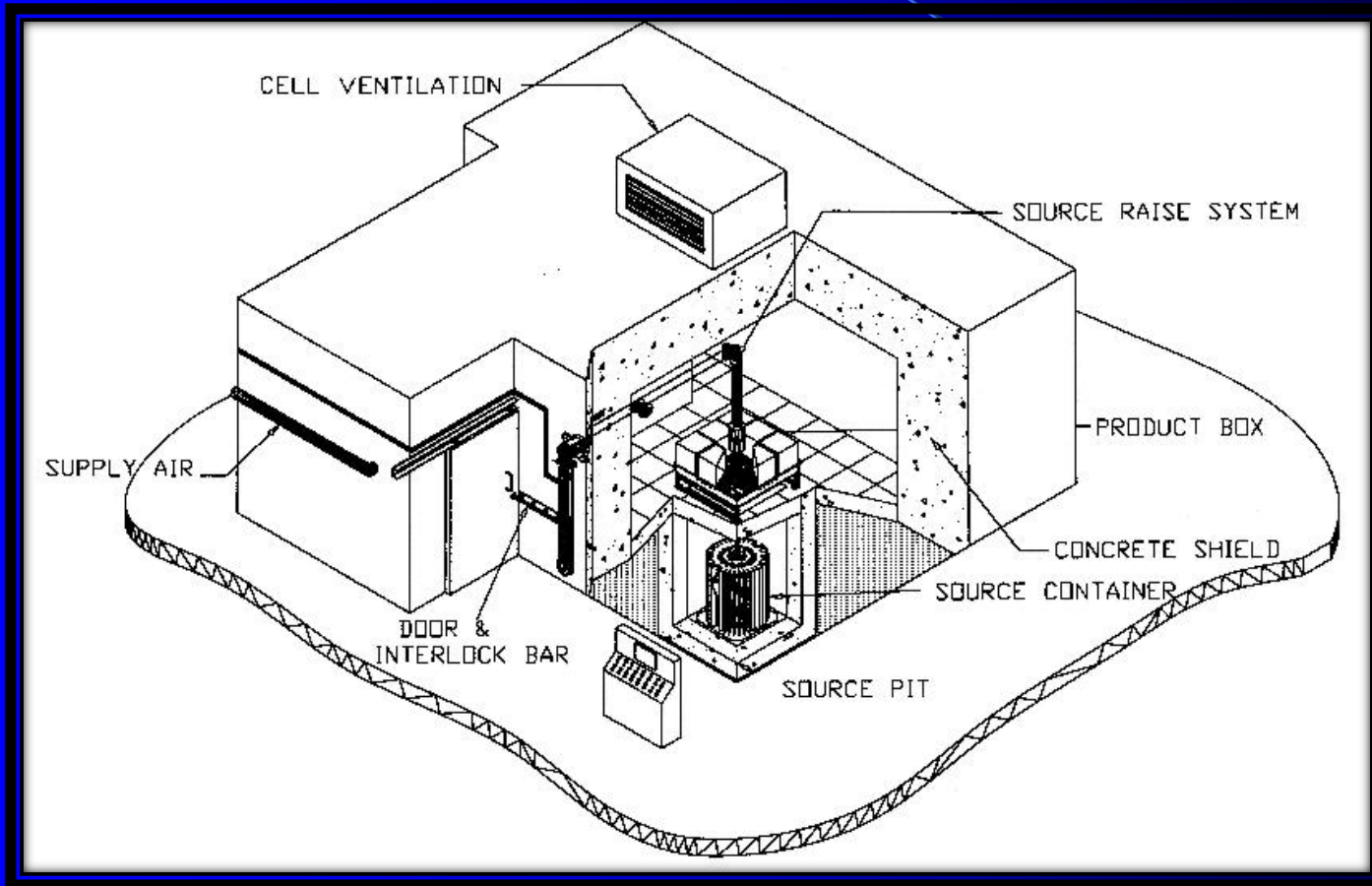
3. Air :
 - a. Perangkat demineralisasi air kolam;
 - b. Perangkat sirkulasi air kolam;
 - c. Perangkat pengukur daya hantar air kolam (< 1);
 - d. Perangkat pembersih air permukaan kolam;
 - e. Sistem pembuangan air kolam;
 - f. Lampu penerangan dalam air kolam;
 - g. Tangki persediaan air;
 - h. Indikator ketinggian air dalam kolam.

Category I



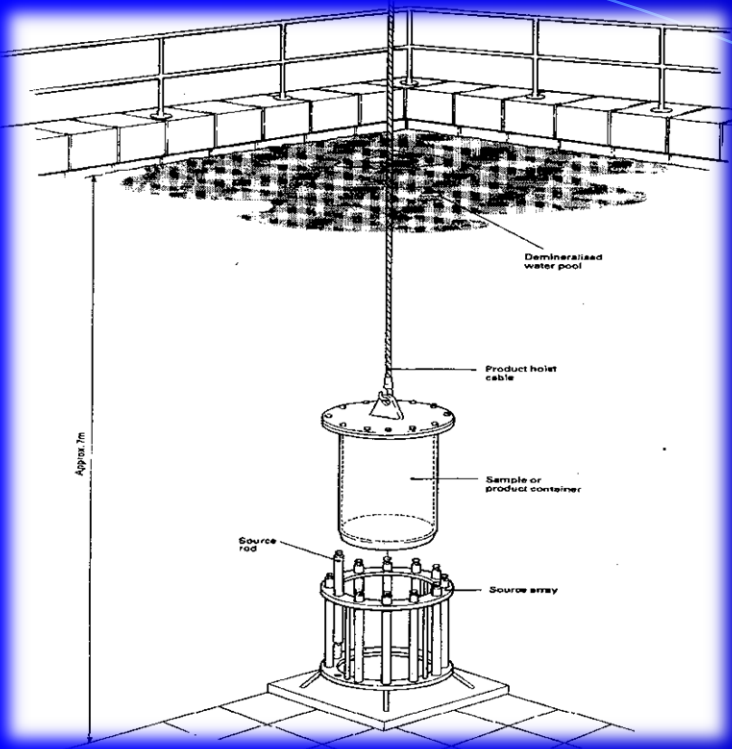
Category- I

Category II

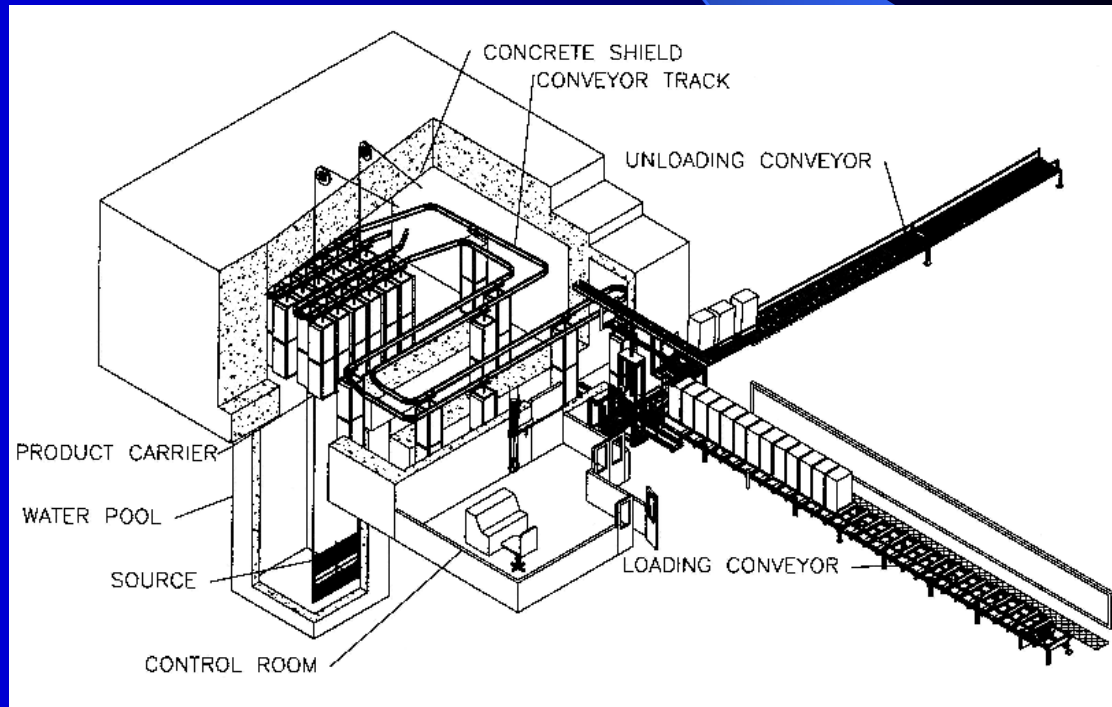


Category- II

Category III & IV



Category- III



Category-IV

**SPESIFIKASI IRADIATOR SERBAGUNA KATEGORI IV
(PRODUK & KARET ALAM),**

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1. Source Use | : Co-60 |
| 2. Max Source Loading | : 0.450 Mci |
| 3. Activity Mei 2006 | : 140 kCi |
| 4. Dimension Product Latex | : ϕ 120 cm x 220 cm (h) |
| 5. Source Geometry | : Vertical Source Pencil and Cylindrical. |
| 6. Product Capacity per batch | : 1500 Kg |
| 7. Product Batch in Cycle | : 1 batch |
| 8. Batch System | : Manual |
| 9. Number of Batch in Cycle | : 2 batch |
| 10. Product in each Carrier | : 1 tank |
| 11. Biological Shield | : 2.1 meter thick concrete on cell wall
2.0 meter thick on roof slab
Irradiator Cell 360 cm x 260 cm x 700 cm (h)
Where reinforcement concrete density less than 2,35 gram/ Cm
20 Air Change/ h
Fan capacity: 4000 meter cube/ h |
| 12. External Radiation Level | : 0.1 mR/h |
| 13. Radiation Safety | : Multiple Interlock. |
| 14. Radiation Source Storage | : Water pool type |
| 15. System Power | : Electrical |
| 16. Type of Material | : Medical Product |
| 17. Electric Power | : 380 Volt |
| 18. Cell Temp | : 15-35 oC. |
| 19. Source Pool Dimension | : 5 m x 2 m x 7 m
Vol waters 70.000 lt. |
| 20. Desired Value Ozon | : 0.3 ppm |

2. PENAHAN RADIASI (Shielding)

- **PENAHAN RADIASI**

- Paparan radiasi langsung dari pengoperasian fasilitas iradiasi harus dibatasi dengan penahan radiasi yang sesuai. Sifat-sifat penahan radiasi pada bahan yang khusus sudah baku , tetapi pengalaman dari mengoperasikan fasilitas iradiasi yang ada harus dipertimbangkan. Perhitungan penahan radiasi yang digunakan untuk ruang radiasi didasarkan pada persyaratan laju dosis yang ditetapkan oleh instansi Yang Berwenang.
- Desain penahan radiasi sudah baku, tidak boleh ada perubahan yang dilakukan jika tidak seizin BAPETEN
- Penahan radiasi penting untuk tempat masuk personil dan produk serta untuk sistem ventilasi dan ducting lainnya. Hal ini merupakan masalah yang khusus bagi perancang penahan radiasi, yang harus menjamin bahwa tidak ada kebocoran radiasi, dan penggunaan jalan masuk dan tanda pada penahan radiasi cukup baik, untuk mengurangi medan radiasi pada titik keluar. Jika tidak perlu, akses ke daerah berdosis tinggi di larang. Kehati-hatian akan memberikan jaminan bahwa seluruh jalur radiasi dievaluasi , termasuk kasus-kasus pada fasilitas iradiasi, yang terjadi selama perpindahan sumber dari penahannya ke posisi beroperasi.
- Walaupun telah diberikan petunjuk tentang penahan radiasi dalam *Safety Guides* dan acuan-acuan didalamnya, seluruh perhitungan tentang penahan radiasi harus dilakukan oleh orang yang ahli.

Design requirements of shield

Requirements for shielding:

- λ **designed to keep radiation doses ALARA**
- λ **use of maze entrances**
- λ **movable shielding interlocked**
- λ **all leakage paths assessed**

RADIATION SHIELDING

- Primary Shield - **WATER POOL**
 - Design Basis - Seismicity of area
 - Pool Depth - 6 - 7 m
- Secondary Shield - **CONCRETE (2.35 g/cc)**

Wall Thickness

Maze Access

Penetrations

Designed to limit
radiation levels

in

Controlled areas < 1mR/h

General areas < 0.05mR/h

SHIELD THICKNESS - 1.9 TO 2.0 M (1 MCi)

PENAHAN RADIASI (PERISAI RADIASI)

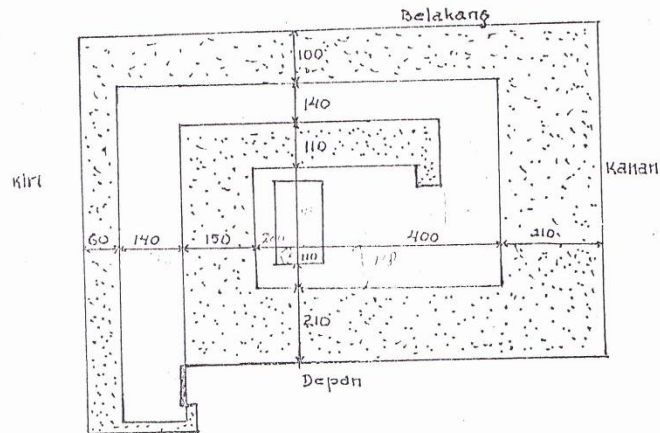
Adapun jenis dan bahan penahan radiasi yang dibutuhkan tergantung pada beberapa factor sebagai berikut jenis dan energy radiasi, aktivitas maksimum sumber, laju dosis radiasi yang diizinkan diluar gedung radiasi. Contoh denah gedung Iradiator panoramic Irpasena PAIR Batan diberikan pada gambar 2.

Penahan radiasi berfungsi untuk mengurangi atau mengeliminasi tingkat paparan radiasi diluar ruang iradiasi pada tingkat laju paparan adalah 2,5 mR/Jam diseluruh ruang kerja atau disekitar ruang iradiasi. Dengan kata lain Paparan radiasi langsung dari pengoperasian fasilitas iradiasi harus dibatasi dengan penahan radiasi yang sesuai. Sifat-sifat penahan radiasi pada bahan yang khusus sudah baku, tetapi pengalaman dari mengoperasikan fasilitas iradiasi yang ada harus dipertimbangkan. Perhitungan penahan radiasi yang digunakan untuk ruang radiasi didasarkan pada persyaratan laju dosis yang ditetapkan oleh BAPETEN.

Gedung Iradiator Serbaguna Kategori IV (IRKA)



Hitunglah laju dosis paparan radiasi Iradiator kategori IV pada bagian Depan, kiri, kanan dan belakang jika aktivitas sumber radiasi Co-60 didesain 450 kCi dengan tebal dinding ruang radiasi masing-masing dapat dilihat pada gambar dibawah ini;



RUMUS PERHITUNGAN

Rumus yang dipakai $D = D_0 \cdot e^{-(\mu_1 t_1 + \mu_2 t_2 + \mu_3 t_3 + \dots + \mu_n t_n)}$
 dimana μ = faktor transmisi

t = tebal

Aktivitas sumber Cobalt-60 = 400.000 Ci

$$= 400.000 \times 1,35 = 540.000 \text{ mR/jam}$$

$$\mu_{\text{udara}} = 0,26 \cdot 10^{-4}$$

$$\mu_{\text{beton}} = 0,113$$

$$\text{faktor } \gamma = 1,35$$

$$D_{\text{depan}} = 540.000 e^{-(0,26 \cdot 10^{-4} \cdot 118 + 0,113 \cdot 210)}$$

$$= 2,66227 \cdot 10^{-5} \text{ R/jam} = 2,66227 \cdot 10^{-2} \text{ mR/jam}$$

$$D_{\text{kiri}} = 540.000 e^{-(0,26 \cdot 10^{-4} \cdot 200 + 0,113 \cdot 150 + 0,26 \cdot 10^{-4} \cdot 110 + 0,113 \cdot 60)}$$

$$= 2,64691 \cdot 10^{-5} \text{ R/jam} = 2,64691 \cdot 10^{-2} \text{ mR/jam}$$

AKSES KE SUMBER RADIASI, DAN SISTEM INTERLOCK

- Perhatian yang khusus harus diberikan terhadap ruang radiasi dalam fasilitas iradiasi gamma kategori II dan IV dan fasilitas berkas elektron kategori II. Desain pada fasilitas-fasilitas ini harus dirancang sehingga tidak memungkinkan pekerja radiasi memasuki ruang iradiasi pada saat sumber berada dalam posisi penyinaran. Pengendalian akses dilakukan dengan suatu sistem interlock.
- Sistem pengendalian dengan interlock diberikan secara berurutan untuk akses personil, penguncian ruang iradiasi dan pengoperasian fasilitas. Sistem kendali harus di desain sedemikian rupa sehingga setiap usaha untuk mengendalikan dan menggunakan fasilitas tersebut diluar prosedur, maka sistem secara otomatis akan berhenti dan dibutuhkan waktu untuk memulainya kembali.

Pintu Interlock untuk akses personil

- Pintu akses personil dilengkapi dengan peralatan sehingga pintu akan terbungkus dan aman sebelum proses iradiasi dilakukan. Sistem pintu interlock terintegrasi dengan sistem kendali utama sehingga kegagalan sistem interlock atau penggunaan pintu akan menyebabkan proses iradiasi secara otomatis berakhir.
- Setiap kegagalan sistem ini didesain untuk memberikan sinyal pada sistem alarm secara visual atau audio. Sistem interlock sumber dihubungkan secara langsung dengan rangkaian pengendali sumber dan sistem catu daya yang menyuplai ke sistem pengendalian sumber tersebut. Dua sistem tersebut dilakukan secara independen

Pintu interlock untuk produk

- Suatu peralatan khusus didesain untuk mencegah terjadinya akses personil melalui akses produk ke ruang iradiasi. Sistem interlock juga diperlukan yang dilengkapi dengan sistem alarm visual atau audio yang berfungsi pada saat sistem pengendalian produk gagal. Proses iradiasi dihentikan pada kondisi ini secara otomatis.
- Sumbat Penahan Radiasi untuk Ruang Iradiasi
- Peralatan ini juga dibuat dengan sistem interlock dengan sistem kendali utama untuk menghentikan proses iradiasi apabila plug tersebut berpindah dari tempat yang sebenarnya. Pengendalian interlock dilakukan di luar ruang iradiasi.

Monitor Radiasi Tetap dengan Alarm

- Sistem pemantauan redundansi digunakan untuk mendeteksi tingkat radiasi pada ruang iradiasi. Pemantauan terintegrasi dengan sistem interlock akses personil ke ruang iradiasi apabila tingkat radiasi melebihi batasan dosis atau apabila terjadi kegagalan sumber. Peralatan monitor dilengkapi dengan sistem alarm audio atau visual.

Status Sumber dan Interlock Sistem Paparan

- Peralatan ini digunakan untuk menjamin sumber secara otomatis berada dalam posisi tersimpan apabila terjadi kegagalan dalam mekanisme penyinaran. Peralatan akan mencegah akses dan memberikan sinyal ke sistem alarm baik audio maupun visual pada saat sumber tidak mau kembali pada posisi aman.

- Alarm harus dapat didengar baik dibagian dalam maupun dibagian luar ruang radiasi dan pada seluruh bagian bangunan tersebut ketika sumber tidak dalam posisi aman atau saat sedang beroperasi.

Pemantauan Produk

- Sistem pemantauan radiasi dengan sistem redundansi dan dilengkapi dengan sistem alarm ditempatkan pada suatu lokasi sehingga memungkinkan untuk mendeteksi sumber radiasi yang dapat terangkut atau terbawa bersama-sama dengan produk. Pemantauan ini dihubungkan dengan sistem interlock yang dapat memberikan sinyal apabila terjadi paparan yang berlebih pada daerah akses produk sehingga sistem konveyor berada dalam keadaan shutdown dan sumber kembali pada posisi aman.

Monitor Radiasi Tetap dengan Alarm

- Sistem pemantauan redudansi digunakan untuk mendeteksi tingkat radiasi pada ruang iradiasi. Pemantauan terintegrasi dengan sistem interlock akses personil ke ruang iradiasi apabila tingkat radiasi melebihi batasan dosis atau apabila terjadi kegagalan sumber. Peralatan monitor dilengkapi dengan sistem alarm audio atau visual.
- **Status Sumber dan Interlock Sistem Paparan**
- Peralatan ini digunakan untuk menjamin sumber secara otomatis berada dalam posisi tersimpan apabila terjadi kegagalan dalam mekanisme penyinaran. Peralatan akan mencegah akses dan memberikan sinyal ke sistem alarm baik audio maupun visual pada saat sumber tidak mau kembali pada posisi aman.

Alarm harus dapat didengar baik dibagian dalam maupun dibagian luar ruang radiasi dan pada seluruh bagian bangunan tersebut ketika sumber tidak dalam posisi aman atau saat sedang beroperasi.

Pemonitoran Produk

Sistem pemonitoran radiasi dengan sistem redundansi dan dilengkapi dengan sistem alarm ditempatkan pada suatu lokasi sehingga memungkinkan untuk mendeteksi sumber radiasi yang dapat terangkut atau terbawa bersama-sama dengan produk. Pemonitoran ini dihubungkan dengan sistem interlock yang dapat memberikan sinyal apabila terjadi paparan yang berlebih pada daerah akses produk sehingga sistem konveyor berada dalam keadaan shutdown dan sumber kembali pada posisi aman.

● Monitor Sistem Perawatan Air

- Monitor radiasi tetap dengan alarm yang dapat didengar harus dipasang pada kolom penukar ion untuk mendeteksi meningkatnya kontaminasi dari kebocoran sumber. Monitor ini harus di hubungkan dengan kendali iradiasi sehingga sumber kembali ke posisi terlindungnya dan sirkulasi air berhenti, seharusnya radiasi mencapai tingkat alarm yang dipasang. Tingkatnya harus ditentukan diatas tingkat background alami untuk menghilangkan jumlah alarm palsu yang berlebihan.

● Fasilitas Terlindung dengan Sempurna (Fasilitas Iradiasi Gamma, kategori I dan III)

- Iradiator tidak boleh digunakan sampai seluruh dinding penghalang ada pada tempatnya dan seluruh peralatan keselamatan lainnya di jalankan. Dinding penghalang yang mudah bergerak harus di interlock sehingga tidak dapat dipindahkan, sehingga tidak menghasilkan radiasi yang melebihi tingkat radiasi yang didesain. Monitor radiasi interlock harus tersedia, sebagai *backup check* bahwa dinding penghalang tetap pada tempatnya.

● PANEL KENDALI

- Setiap irradiator harus mempunyai panel kendali utama yang digunakan untuk mencegah pengoperasian dari orang yang tidak berhak. Dalam keadaan irradiator dioperasikan kendali ini mungkin menjadi switch kunci. Dalam keadaan irradiator dioperasikan secara manual kunci ini dapat merupakan **kunci mekanik atau padlock yang sederhana**.
- Peralatan ini juga digunakan untuk mengakhiri proses iradiasi dan mengembalikan irradiator pada posisi yang tidak digunakan pada suatu waktu.

Kunci Akses

- Kendali irradiator dapat didesain dengan kunci tunggal yang digunakan untuk tujuan serbaguna yang dapat mengoperasikan irradiator selama kondisi normal. Kunci ini digunakan untuk pengoperasian panel kendali, pengendalian akses ke ruang iradiasi dan untuk mengaktifkan pengatur tunda untuk keselamatan (*timer delay safety*). Apabila digunakan dua kunci atau lebih, maka kunci yang lain harus tersimpan dengan aman.

Peralatan Keadaan Darurat

- Sebagai tambahan untuk setiap peralatan secara normal tersedia pada panel kendali untuk memberhentikan (shut down) irradiator, peralatan keadaan darurat pada panel kendali ini dapat digunakan untuk mencegah, menginterupsi secara cepat atau menghentikan operasi irradiator setiap saat.

Pemutusan Mekanisme Paparan Sumber untuk Perawatan

- Peralatan ini digunakan untuk memutuskan hubungan catu daya (listrik, pneumatik dan hidrolis) untuk mekanisme pergerakan sumber secara aman pada saat sumber berada dalam perawatan. Sistem ini digunakan untuk mengisolasi sistem kendali sumber atau untuk mengunci secara mekanik bagian fasilitas yang dapat bergerak.

3. RUANG RADIASI

- Ruang iradiasi berfungsi sebagai tempat dilakukan iradiasi gamma terhadap produk. Dalam ruang iradiasi terdapat beberapa peralatan sebagai berikut ;
-
- **Timer Delay Safety dengan Alarm (Pengatur Waktu Tunda).**
- Ruang iradiasi dilengkapi dengan alat ini (timer delay safety) yang secara otomatis memberikan sinyal ke sistem alarm visual dan audio untuk memberikan peringatan pada pekerja radiasi pada saat *start-up*. *Timer* memberikan cukup waktu bagi pekerja radiasi (operator) untuk melakukan pengamatan kondisi ruang iradiasi yang menjamin tidak ada orang lain yang berada dalam ruang penyinaran dan segera meninggalkan ruang tersebut. Sistem (timer) diintegrasikan dengan sistem kendali utama sehingga proses iradiasi tidak dapat dimulai apabila alat ini tidak digunakan.
-

Pintu Darurat atau Penahan Radiasi

- Untuk perlindungan bagi setiap orang yang tidak hati-hati menutup bagian dalam salah satu atau lebih ruang radiasi pada sistem-sistem berikut harus di berikan :
- Sebuah tanda pada pintu keluar ruang radiasi. Hal Ini membutuhkan sebuah sistem untuk membuka pintu akses perorangan dari bagian dalam ruang radiasi, sehingga mengaktifkan interlock keselamatan secara normal.
- Menandai lokasi dimana tingkat dosis radiasi cukup rendah.

Peralatan Keadaan Darurat

- Peralatan ini harus tersedia dalam ruang radiasi untuk mencegah terjadinya interupsi atau pemberhentian operasi irradiator pada suatu waktu. Peralatan ini harus jelas dan mudah dicapai oleh pekerja dalam ruang radiasi, dan memberikan alarm visual dan audio diluar ruangan.

- **Pintu Darurat atau Penahan Radiasi**

- Peralatan ini berfungsi untuk memberikan perlindungan bagi setiap pekerja /petugas yang tidak hati-hati ataupun tertinggal di bagian dalam salah satu atau lebih ruang iradiasi pada sistem-sistem berikut harus di berikan : sebuah tanda pada pintu keluar ruang radiasi. Hal Ini membutuhkan sebuah sistem untuk membuka pintu akses perorangan dari bagian dalam ruang radiasi, sehingga mengaktifkan interlock keselamatan secara normal.
- Lokasi yang aman juga diperlukan dalam lorong ruang iradiasi dengan menandai lokasi dimana tingkat laju dosis radiasi cukup rendah.

-

- **KOLAM PENYIMPANAN SUMBER**

- Beberapa komponen atau peralatan dari kolam penyimpanan sumber diberikan sebagai berikut ;

Requirements for water pool

- Strong & sturdy
- Means to trap contamination
- Stainless steel lined
- Adequate capacity, depth, source manipulation allowance
- Surface Dose < 1 mR/h
- No outlets below 300 mm
- Provision for water cooler
- Pool covers

- **Perlengkapan Kolam**

-

- Air digunakan sebagai medium penahan radiasi pada jenis iradiator kolam. Peralatan pengendalian ketinggian air otomatis tersedia (terpasang) untuk mempertahankan air agar selalu berada pada tingkat yang telah ditetapkan. Semua komponen yang berada dalam air mempunyai gravitasi spesifik 1 atau lebih, kecuali *float switch*. Apabila digunakan tabung berongga harus dilengkapi dengan ventilasi untuk mencegah air membanjiri tabung, hal ini untuk mengurangi bahaya radiasi tinggi pada tabung

- **Integritas Kolam**

-

- Pengungkung kolam didesain kedap air dan dilengkapi dengan *liner* stainless steel yang tahan korosi. Pengungkung didesain untuk menopang wadah pengangkutan sumber selama transfer sumber tanpa merusak integritas kolam. Penetrasi (pipa atau lubang) tidak diperkenankan sampai ke bawah kolam juga pada dinding kolam lebih dari 30 cm dibawah permukaan air.

-

- **Bahan Komponen Kolam**

-

- Semua komponen permanen harus dibuat tahan korosi (terbuat dari bahan stainless steel) karena hasil korosi akan mempengaruhi integritas sumber. Dalam penggunaan, komponen stainless steel (misal, brackets atau pulleys) harus dipasifkan, khususnya setelah pabrikasi.

-

- **Sistem Kendali Ketinggian Air–Normal**

-

- Peralatan ini digunakan untuk mencegah terjadinya kehilangan air dari kolam. Hilangnya tinggi air normal disebabkan oleh evaporasi. Sistem ini harus mampu mempertahankan ketinggian air kolam untuk menahan radiasi. Peralatan dilengkapi dengan sistem meteran pada sistem pemasok air yang dapat menunjukkan perubahan kondisi air dihubungkan dengan kemungkinan adanya kebocoran kolam.

● **Sistem Kendali Ketinggian Air- Abnormal (low)**

● Sistem ini mengaktifasi alarm visual atau audio apabila air kolam berada pada ketinggian 30 cm dibawah tinggi air normal.

● **Pengkondisian Air**

● Kualitas air kolam diproses dengan menggunakan unit pemurnian air (water treatment unit). Unit pemurnian air mampu memproduksi air bebas mineral dan dilengkapi dengan sistem pengkondisian air yang mampu mempertahankan air selalu dalam kondisi bersih dan konduktansi tidak melebihi 1000 $\mu\text{S}/\text{m}$. keadaan ini akan mengurangi korosi sumber. Dalam penanganan kondisi air tidak diperhatikan kemungkinan kontaminan lain (seperti *deionizer regenerant*, bahan pembersih, bahan pencegah korosi, produk yang tumpah).

● **Pendingin Air**

● Karena adanya panas yang dihasilkan dari paparan sumber, tingkat kelembaban yang tinggi akan menyebabkan bahaya bagi peralatan listrik, wadah produk dan sistem penempatan produk. Dengan demikian, sistem pendingin kolam air harus ada. Pengurangan air akibat evaporasi dan kolam diusahakan tetap memberikan nilai konduktansi 1000 $\mu\text{S}/\text{m}$ dalam waktu yang cukup lama sebelum dilakukan penggantian atau regenerasi resin deionisasi.

● **Sistem Pemipaan Dalam Kolam**

● Karena digunakan pipa dalam kolam penyimpanan sumber untuk sistem ketinggian air dan kualitas air, Breaker siphon harus tersedia dalam sistem pemipaan kolam penyimpanan sumber untuk mencegah aliran air yang menyebabkan ketinggian dibawah 30 cm dari tinggi air normal. Semua sistem pipa harus mengalirkan air sehingga tinggi air tidak berada dibawah 30 cm dari tinggi normal.

● **Penutup dan Pengaman Kolam**

● Penghalang fisik, seperti penutup logam atau jeruji harus tersedia untuk mencegah personil jatuh ke dalam kolam. Penutup ini harus dapat dipindahkan selama perawatan atau perbaikan.

5. SISTEM CONTROL (PANEL KENDALI UTAMA).

Sistem control iradiator kategori II dan IV ini dilengkapi dengan panel kendali utama yang digunakan untuk mencegah pengoperasian oleh orang yang tidak berwenang atau tidak berhak. Sistem kendali utama ini dapat berbentuk switch kunci dapat berbentuk mekanik atau padlock yang sederhana. Panel kendali utama ini juga digunakan untuk mengakhiri proses iradiasi dan mengembalikan iradiator pada posisi yang tidak digunakan pada suatu waktu.

Pengoperasian Iradiator kategori IV serbaguna (Karet alam dan berbagai Produk) PAIR Batan dikendalikan dari panel pengendali utama yang terdapat dalam ruang control pane (diluar ruang radiasi). Pada panel utama ini terdapat saklar-saklar daya, relai-relai, lampu indicator sebanyak 83 buah , switch kunci untuk mengoperasikan dan sambungan keseluruhan siste.

Iradiator industry modern saat ini menggunakan system control dengan PLC, dengan. membuat program yang kemudian dijalankan oleh PLC . PLC adalah sebuah alat yang digunakan untuk menggantikan rangkaian sederetan relay-relay yang dijumpai pada proses konvensional. Perintah input dilaksanakan oleh operator sebagai pemicu program dan output sebagai perintah lanjutan masukan PLC adalah relay sebagai pemicu kerja system komponen iradiator.

Sistem kendali ini terdiri dari beberapa peralatan adalah sebagai berikut

Kunci Akses

Kendali iradiator dapat didesain dengan kunci tunggal yang digunakan untuk tujuan serbaguna yang dapat mengoperasikan iradiator selama kondisi normal. Kunci ini digunakan untuk pengoperasian panel kendali, pengendalian akses ke ruang iradiasi dan untuk mengaktifkan pengatur waktu tunda untuk keselamatan (*timer delay safety*). Apabila digunakan dua kunci atau lebih, maka kunci yang lain harus tersimpan dengan aman.

● **Peralatan Keadaan Darurat**

● Peralatan keadaan darurat ini berfungsi untuk mencegah terjadinya interupsi atau pemberhentian operasi iradiator pada suatu waktu (mendadak). secara cepat. Sebagai tambahan untuk setiap peralatan secara normal tersedia pada panel kendali untuk memberhentikan (shut down) iradiator, peralatan keadaan darurat pada panel kendali ini dapat digunakan untuk mencegah, menginterupsi secara cepat atau menghentikan operasi iradiator setiap saat.

● Dengan kata lain bahwa peralatan ini harus jelas dan mudah dicapai oleh pekerja dalam ruang radiasi, dan memberikan alarm visual dan audio diluar ruangan.

● Ada dua peralatan ini pada iradiator kategori II dan IV meliputi ;

● Kontak Swich operasi darurat, panel ini berada didalam ruang iradiasi , dilengkapi dengan suatu alarm dan lampu merah yang hidup 5 detik sebelum lifter dinaikkan dan selama lifter naik. Apabila tombol “Emergency half-way stop “ atau “emergency Down “ pada panel ditekan, gerakan lifter akan berhenti atau turun ke posisi penyimpanan. Pengoperasian panel ini juga ditampilkan pada panel pengendali dengan bunyi alarm.

● Boks switch tali pengaman.

● Tali wayar yang terdapat di dinding ruang iradiasi dihubungkan ke boks switch tali keadaan darurat , Jika tali ini ditarik . otomatis lifter akan turun ke posisi penyimpanan. Untuk kegiatan perawatan tali pengaman ini tak berfungsi.

● **Pemutusan Mekanisme Paparan Sumber untuk Perawatan**

● Peralatan ini digunakan untuk memutuskan hubungan catu daya (listrik, pneumatik dan hidraulik) untuk mekanisme pergerakan sumber secara aman pada saat sumber berada dalam perawatan. Sistem ini digunakan untuk mengisolasi sistem kendali sumber atau untuk mengunci secara mekanik bagian fasilitas yang dapat bergerak.

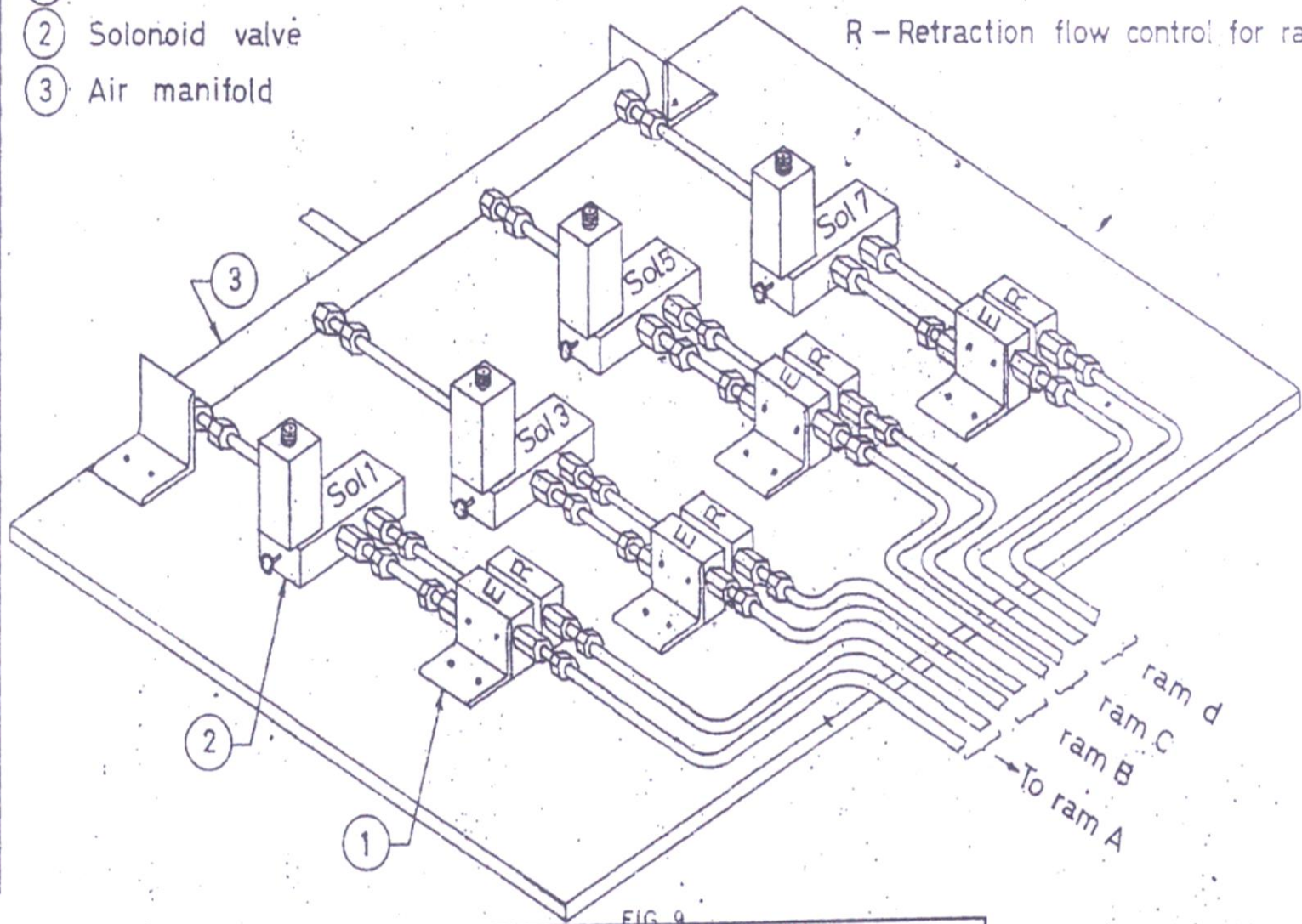
5 .Sistem Konveyor

- Sistem konveyor sampel/produk terdiri dari peralatan mekanik dan listrik. Konveyor untuk iradiator industri biasanya sistem hanging dan sistem ban berjalan. Konveyor berfungsi untuk : membawa / carrier sample/barang/produk masuk ke ruang iradiasi pada saat diradiasi berlangsung dan membawanya keluar setelah selesai diradiasi. Untuk mencegah terjadinya kerusakan bahan yang diradiasi dari resiko over dosis maupun menghindari terputusnya proses radiasi diperlukan sistem interlok.
- Contoh konveyor sistem pneumatik yang pertama kali di pasang pada Iradiator panoramik Serbaguna (IRPASENA PAIR BATAN) oleh BARC India lihat gbr. 4. Iradiator panoramik ini didesai untuk menggunakan konveyor sistem pneumatik yang terdiri dari peralatan katup solenoide gambar 4.a. dan ball caster plate gambar 4.b serta konveyor dengan penempatan bok produk gambar 4.c. Saat ini konveyor irpasena telah dipasang dengan sistem konveyor rantai seperti diberikan pada gambar 5.a, dan 5 b.

PNEUMATIC SOLENOID VALVE SUB ASSEMBLY

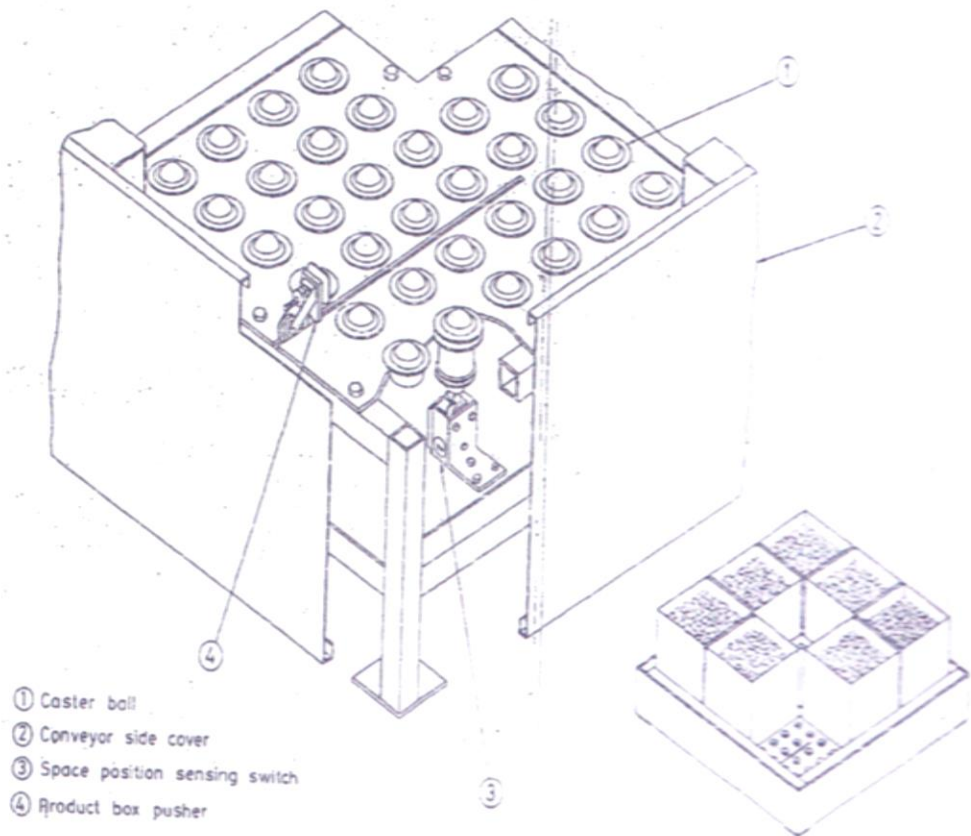
- ① Flow control valve
- ② Solenoid valve
- ③ Air manifold

E - Extension flow control for ram
R - Retraction flow control for ram



Gambar 4. a. Katup solenoid pengatur aliran udara konveyor Irpasena

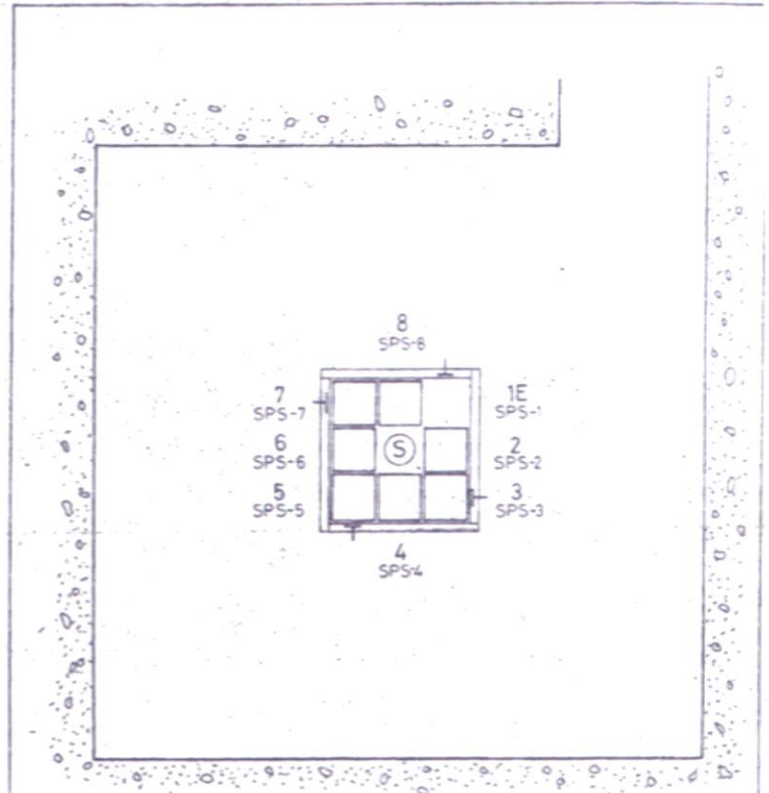
BALL CASTER PLATE IN SHUFFLE CONVEYOR



- ① Caster ball
- ② Conveyor side cover
- ③ Space position sensing switch
- ④ Product box pusher

Gambar 4. b. Ball caster plate

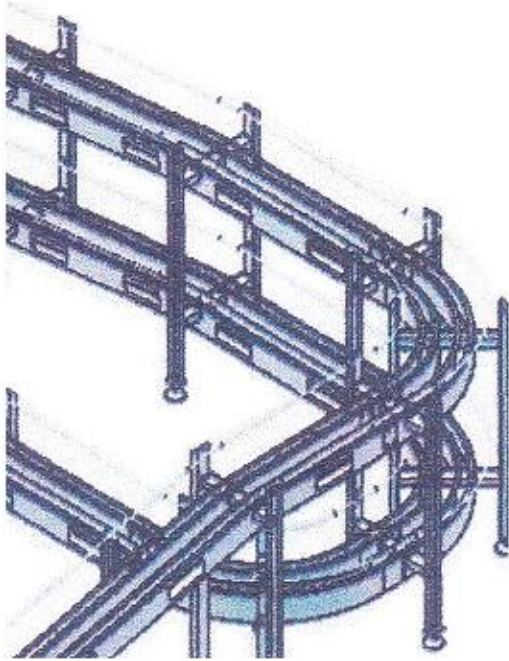
Shuffle conveyor



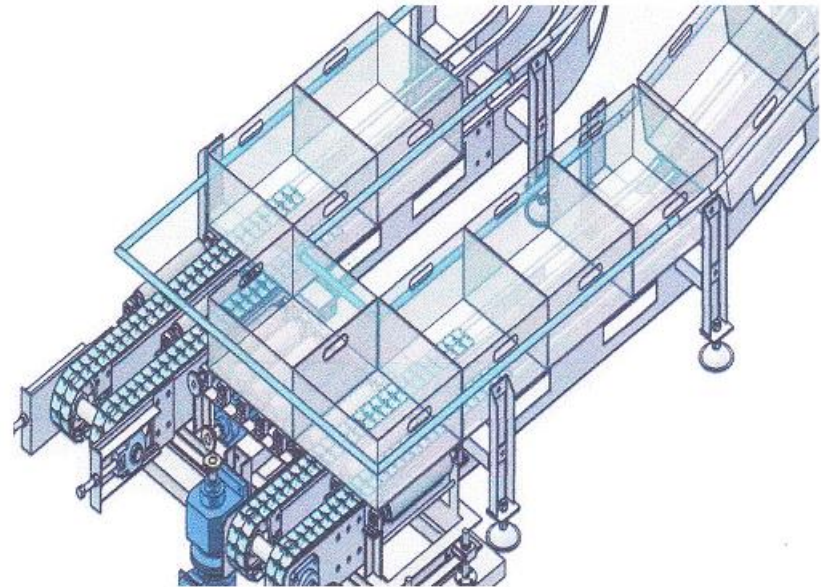
- IE to Box position
- SPS 1 to SPS 8 Space position switch 1 to 8
- A Ram A operated by sol 1
- B Ram B operated by sol 3
- C Ram C operated by sol 5
- D Ram D operated by sol 7

CONVEYOR BOX POSITION

Gambar 4. c. Posisi Boks Produk pada konveyor



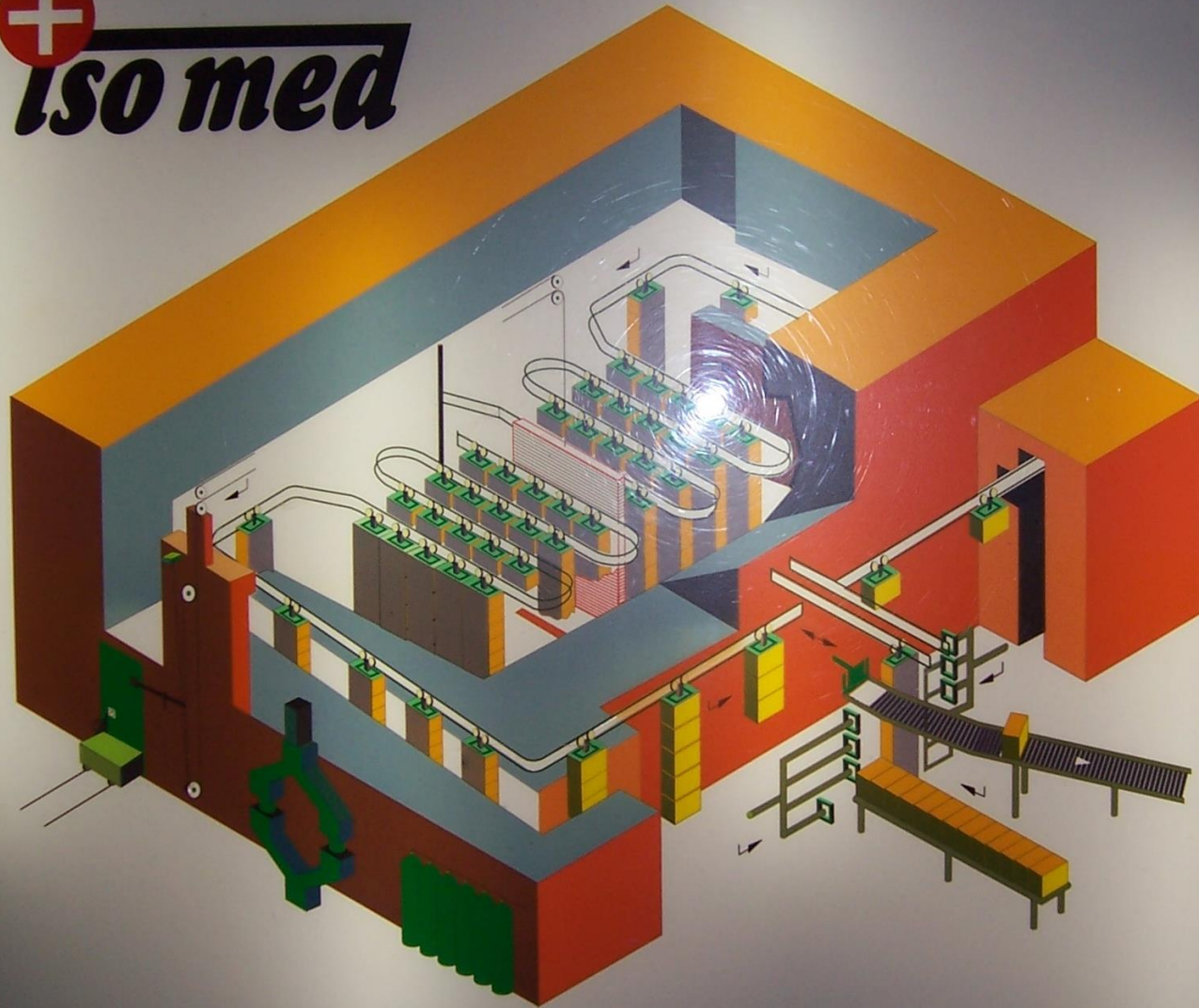
Gambar 5. a Sistem Konveyor Rantai Irpasena



Gambar 5. b Penempatan Boks Produk pada Konveyor Irpasena (Saat ini)



iso med



**RADIATION PLANT FOR THE STERILIZATION OF MEDICAL PRODUCTS
ISO 9002 FACILITY**



Carrier Komveyor

6. Peralatan Pengamanan dan Keselamatan Radiasi

6. PERALATAN PENGAMANAN dan KESELAMATAN

Lokasi Geologi.

Karakteristik geologi pada lokasi iradiator yang dapat mempengaruhi integritas penahan radiasi harus dievaluasi. Daerah potensial atau jenis permukaan tanah, lapisan tanah, gerakan tanah dan kondisi geologi lain harus dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi iradiator. Faktor lain seperti penambangan bawah tanah harus dipertimbangkan juga, karena dapat menyebabkan ketidakstabilan.

Detektor Seismik

Apabila lokasi iradiator berada dalam daerah dengan tingkat gangguan seismik yang tinggi, khusus untuk iradiator kategori II dan IV harus dilengkapi dengan detektor seismik yang akan memberikan sinyal kepada sistem kendali sumber apabila terjadi bahaya seismik yang dapat mengembalikan sumber secara otomatis pada posisi aman. Detektor ini dapat merupakan jenis omniaksial horizontal atau uniaksial vertikal yang teraktuasi dengan percepatan di atas 0,05 g.

● **Gempa bumi dasar desain**

● Pada daerah seismik, penahan radiasi harus didesain untuk bertahan terhadap jenis gempa dasar desain (Desain Basis Earthquake). DBE berdasarkan pada evaluasi potensial gempa bumi maksimum yang mempertimbangkan sifat geologi lokal dan regional serta sifat seismologi dan karakteristik spesifik lain.

● **Perlindungan terhadap bahaya kebakaran**

● Panas yang akan menyebabkan kebakaran dihasilkan dari proses iradiasi yang cukup lama terhadap bahan atau produk yang mudah terbakar atau akibat dari suatu tindakan kegagalan peralatan. Oleh karena itu perlu disediakan peralatan sensor untuk asap atau panas dengan alarm visual atau audio untuk mendeteksi terjadinya kebakaran dalam ruang iradiasi. Desain fasilitas dibuat sehingga apabila terjadi kebakaran akan menyebabkan sumber kembali secara otomatis pada posisi aman, sistem penempatan produk dan ventilasi kembali pada posisi shutdown. Desain dari fasilitas harus sedemikian rupa sehingga kerusakan akibat kebakaran terhadap setiap komponen tidak akan mencegah sumber kembali pada posisi aman.

● Sistem pemadam kebakaran juga harus tersedia dalam ruang iradiasi. Pada saat sistem hidran terpasang, harus dipastikan ada sistem pengendalian aliran air. Bahan kimia yang dapat mempengaruhi integritas sumber tidak boleh digunakan dalam sistem pemadam kebakaran.

● **Kegagalan Catu Daya (SUMBER)**

● **Listrik**

● Apabila terjadi kegagalan catu daya listrik, suatu peralatan harus tersedia untuk mengembalikan sumber secara otomatis pada posisi aman dan menghentikan pengoperasian sumber. Dalam keadaan ini, sistem kendali keselamatan akan selalu dalam keadaan baik.

● **Non-Listrik**

● Apabila terjadi kegagalan daya non-listrik (seperti daya pneumatik atau hidraulik) yang digunakan untuk pengendalian dan pengoperasian peralatan keselamatan iradiator, harus tersedia peralatan yang akan menyebabkan sumber kembali pada posisi aman secara otomatis dan iradiator berhenti beroperasi.

Ventilasi

- Iradiator industri kategori II dan IV dilengkapi dengan dua blower . yaitu blower untuk menghisap dan blower untuk memasukkan udara luar ke lorong ruang iradiasi. Untuk perhitungan ; Jika pertukaran udara didesain 20 kali perjam dan ruang iradiasi berukuran panjang 6 meter, lebar 6 meter dan tingginya 6 meter, berapakah kapasitas blower :?..
- Ozon (O_3), nitrogen oksida atau gas lain (yang dihasilkan dari bahan plastik tertentu) dapat terjadi dari peristiwa radiolisis. Peralatan proteksi personil terhadap gas-gas tersebut yang melebihi nilai batas harus tersedia.
- Fasilitas harus didesain untuk menghindari terjadinya aliran gas yang berbahaya tersebut ke tempat pekerja radiasi atau tempat kerja lain dan terjadinya peningkatan konsentrasi gas tersebut. Oleh karena itu, perlu tersedia ventilasi yang cukup dengan tekanan negatif pada ruang iradiasi.
- Apabila digunakan sistem udara bertekanan, aliran udara harus terus menerus dipantau. Kegagalan sistem ini akan menyebabkan pengoperasian sumber berhenti secara otomatis.
- Ozon, menjadi sangat reaktif, segera berubah menjadi bentuk normal oksigen (O_2) dan, ketika kapasitas besar, sistem ventilasi terus dioperasikan, ruang radiasi secara normal dapat dimasuki setelah proses iradiasi terhenti.
- Suatu metoda yang dapat digunakan untuk pengendalian akses personil adalah dengan menggunakan mekanisme interlock time delay yang akan mencegah pintu terbuka sampai nilai konsentrasi gas atau ozon berada pada tingkat yang aman setelah pengoperasian sumber.
- Secara umum sistem ventilasi didesain untuk memindahkan ozon lebih banyak dari pada untuk memindahkan gas berbahaya lainnya.
- Blower untuk pemantauan ozon harus dihubungkan dengan Interlok

- **SIMBOL DAN TANDA BAHAYA**

- **Tanda Bahaya Peralatan Iradiasi**

- Pada pintu masuk ke ruang iradasi harus dipasang tanda atau simbol bahaya radiasi yang dapat terlihat dengan jelas dan sesuai dengan aturan yang berlaku. Tanda bahaya yang berada dalam ruang iradiasi harus menggunakan bahan yang tahan terhadap dosis tinggi dan sesuai kondisi lingkungan.



- **Indikator Status Sumber Iradiasi**

- Indikator status sumber yang dapat dilihat dengan jelas harus tersedia pada ruang kendali yang menunjukkan :
 - Proses iradiasi berhenti (sumber kembali pada posisi aman)
 - Iradiasi dalam proses (*source-up*)
 - iradiasi dalam proses persiapan (sumber pada posisi transit)
- Indikator status sumber harus terlihat oleh setiap personel atau pada bagian keluar/masuknya produk.

- **Alarm Audio**

- Alarm ini harus tersedia dan mempunyai jenis suara yang berbeda dengan suara lain yang ada disekitar iradiator dan mempunyai kekuatan suara yang cukup untuk didengar oleh personil yang bertugas dalam pengoperasian.

- **Sistem Pewarnaan Indikator Status Sumber**

- Sistem pewarnaan berikut dapat digunakan dalam indikator :

- **KONDISI**

- **WARNA**

- Keadaan Darurat (stop button atau cahaya)

- **Merah**

- Bahaya – Peringatan

- Simbol baling-baling atau Merah

- Informasi Kritis (kegagalan)

- **Merah**

- Hati-hati (bukan keadaan darurat)

- Kuning atau Orange

- Normal (kondisi aman)

- **Hijau**

- Informasi

- **Biru**

- **Sistem Label**



- Iradiator gamma kategori I harus mempunyai label yang dapat dilihat dengan jelas yang memberikan identifikasi radionuklida, aktivitas dan tanggal dari aktivitas tersebut. Iradiator harus memperlihatkan tanda dan simbol berdasarkan peraturan BAPETEN

- Disamping itu juga label berisi informasi :

- - Nama dan alamat pembuat

- - Model dan seri iradiator

- - Nomor izin

- - Aktivitas maksimum sumber.

- Apabila digunakan suatu panel kendali, identifikasi harus juga diberikan sebagai bagian dari iradiator. Saat label memberikan jaminan iradiator terlindung sempurna, jangan meletakkannya kedalam pelindung melalui shell kontainer logam.



6. Peralatan Pendukung

- **Peralatan untuk Loading dan Unloading Sumber.**

- Pemuatan (Loading) DAN Pembongkoran (Unloading) Sumber

- Operasi pengisian dan pembongkaran dapat memberi paparan pada orang hingga laju dosis yang berlebih berdasarkan pengalaman pada operasi normal fasilitas. Bagaimanapun prosedur evaluasi harus dibuat untuk menjamin bahwa paparan terhadap orang tetap memenuhi ALARA.

- Pengkajian harus juga dilakukan terhadap berbagai bahaya keselamatan yang ada dalam pekerjaan pengisian dan pembongkaran sumber. Berbagai rencana kontingensi yang diperlukan harus dituangkan dalam instruksi tertulis untuk pengoperasian fasilitas.

- Penting sekali bahwa integritas sistem kontrol keselamatan tidak dibahayakan oleh prosedur pengisian dan pembongkaran sumber.

- Pengisian dan pembongkaran sumber radioaktif pada saat tiba di fasilitas ataupun pada saat pengiriman dari fasilitas merupakan operasi yang mempunyai potensi bahaya dan perlu dilakukan dibawah pengawasan ketat proteksi radiasi. Keselamatan pada operasi ini tergantung pada kerja sama antara pihak yang bertanggung jawab terhadap proteksi radiasi dan tim yang ditunjuk untuk mengisi dan membongkat sumber radioaktif. Pada banyak kasus, tim ini adalah pemasok sumber. Pada akhirnya, bagaimanapun, tanggung jawab untuk keselamatan saat sumber radioaktif ada di fasilitas terdapat pada organisasi pelaksana.

- Jenis tertentu dari wadah sumber tidak memenuhi syarat-syarat untuk bungkusan jenis B(U) seperti yang terdapat pada Ref.. Wadah ini diangkut dalam kontener pengangkut khusus. Ketika wadah dipindahkan dari kontener, tindakan hati-hati perlu diambil untuk menjamin bahwa tidak ada bahan mudah terbakar di sekitarnya, misalnya di kendaraan berisi bahan bakar atau tempat penyimpanan LPG. Organisasi pelaksana harus berkonsultasi dengan pemasok sumber untuk informasi untuk keperluan kehati-hatian tersebut.

Peralatan Keamanan Sumber (KSR)

DAFTAR PUSTAKA

- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Safety of Gamma and Electron Irradiation Facilities, Safety Series NO. 107, IAEA Vienna, 1992

- **D.S.Lavale** (*Private Commucation*) is a mechanical engineering graduate and has also graduated in nuclear technology from the prestigious training school of Bhabha Atomic Reasearch Center (BARC), India. Sunsequently he worked in BARC and in Board of Radiat and Isotope Technology (BRIT) from year 1971 to 2010 on various position. **Worked at Ov Consultancy Services GAMMA Irradiator. Email : lavale@gmail.com Telephone : +919821517835 skype : vashiwala**

- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in San Salvador, IAEA, Vienna (1990).

- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Basic Safety Standards for Radiation Protection, 1982 Edition, Safety Series No. 9, IAEA, Vienna (1982).

- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection Glossary, Safety Series No. 76, IAEA, Vienna (1986).

- NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS, Radiation Protection Design Guidelines for 0.1-100 MeV Particle Accelerator Facilities, Rep 51, NCRP, Washington, DC (1977).

- Source – Leakage Test Methods, ISO/TC 85/SC 2N 390, ISO, Geneva (1988).

TERIMAKASIH